СОГЛАСОВАНИЕ РАСПИСАНИЙ АВТОБУСНЫХ МАРШРУТОВ В ОБЛАСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗКАХ

DOI: 10.36724/2072-8735-2020-14-9-31-37

Manuscript received 20 March 2020;

Revised 14 May 2020;

Accepted 27 July 2020

Акифьева Ирина Андреевна,
ФГБОУ ВО "Сибирский государственный автомобильно-
дорожный университет (СибАДИ)", г. Омск, Россия,
arbamtdfbhf@mail.ru

Войтенков Сергей Сергеевич,
ФГБОУ ВО "Сибирский государственный автомобильно-
дорожный университет (СибАДИ)", г. Омск, Россия,
voiser@mail.ru

Ключевые слова: остановочно-пересадочный
пункт, графики, маршруты движения
автобусов, время поездки пассажира, время
ожидания пассажира

В современных условиях Российской Федерации развитие и повышение качества функционирования маршрутного транспорта является одним из приоритетов в области организации дорожного движения. Минимальные затраты времени на поездку – одно из основных требований пассажиров. Удовлетворить такое требование без взаимного согласования процессов перевозок по маршрутам и использования транспортными средствами и пассажирами остановочно-пересадочных пунктов в силу их взаимозависимости проблематично. Задача такого согласования стоит не только в городах, но и областных населенных пунктах. Предметом настоящего исследования является согласование процессов перевозок пассажиров по областным автобусным маршрутам, имеющим общие участки и остановочно-пересадочные пункты. Целью исследования является совершенствование организации перевозок пассажиров на областных направлениях за счет согласования маршрутов по времени. В настоящем исследовании разработана методика согласования расписаний движения автобусов по областным маршрутам, имеющим общие участки трассы или остановочно-пересадочные пункты. По результатам применения методики для Саргатского района Омской области получены результаты, согласно которым среднее время ожидания пассажира в случае пересадки сокращено на 60%. Применение разработанной методики позволяет организовать рациональное распределение прибытия и отправления автобусов в течении суток по критерию минимального времени ожидания пассажиров в остановочно-пересадочном пункте и позволяет решить проблему несогласованности движения автобусов. Экспериментальная проверка показала, что применение данной методики способствует сокращению времени ожидания пассажиров в пересадочных пунктах до 60%, что также сокращает время сетевой поездки. Разработанная методика может быть использована при организации междугородних, межмуниципальных и сельских пассажирских перевозок.

Информация об авторах:

Акифьева Ирина Андреевна, магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)", г. Омск, Россия

Войтенков Сергей Сергеевич, доцент кафедры "Организация перевозок и управление на транспорте", доцент, к.т.н., Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)", г. Омск, Россия

Для цитирования:

Акифьева И.А., Войтенков С.С. Согласование расписаний автобусных маршрутов в областных пассажирских перевозках // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2020. Том 14. №9. С. 31-37.

For citation:

Akifieva I.A., Voytenkov S.S. (2020) Coordination of bus route schedules in regional passenger transport. T-Comm, vol. 14, no. 9, pp. 31-37. (in Russian)

Введение

Перевозки пассажиров автомобильным общественным транспортом оказывают значительное влияние на подвижность населения и социально-экономическое развитие страны. Организация и технология таких перевозок по регулярным маршрутам являются сложными процессами и определяются большим количеством различных факторов.

Одно из основных требований пассажиров - это минимальные затраты времени на поездку (В.А. Гудков [1, 2], А.В. Кулев [3], С.А. Аземша [4]). Качество перевозок с точки зрения пассажира, понимается как время, затраченное на поездку. Оно зависит, в том числе от согласованности движения автобусов по разным маршрутам.

Поэтому научные исследования, направленные на совершенствование организации автобусных перевозок по критерию согласованности временных характеристик маршрутов и остановочных пунктов с учетом характеристик пассажиропотока, являются актуальными, особенно при перевозках между крупными и мелкими населенными пунктами.

У любого вида перевозок есть свои особенности. Так в городе расстояния между остановочными пунктами и интервалы движения крайне малы [5]. Областные перевозки отличаются от городских тем, что количество пассажиров, перемещающихся внутри города, гораздо больше, чем в пределах области или района. Еще одной особенностью областных перевозок является то, что время отправления и прибытия автобусов диктуется потребностями населения населенных пунктов в перемещениях. Также среди особенностей областных перевозок можно выделить: более продолжительное время стоянок на конечных и промежуточных остановочных пунктах, отсутствие интервалов движения автобусов по маршруту, сложность организации труда и отдыха водителей. Рассредоточенные и нестабильные пассажиропотоки, связанные с низкой плотностью населения и удаленностью населенных пунктов друг от друга, вызывают необходимость организации множества маршрутов. Часть маршрутов связывает мелкие населенные пункты с районным центром, другая часть – с областным. Причем подавляющая часть последних проходит транзитом через районный центр. В таких условиях в целях сокращения времени поездки пассажиров требуется согласование движения автобусов по разным маршрутам во времени.

Анализ методов и методик координации движения автобусов на совместных участках

Существующие методы организации движения автобусов на маршрутах условно можно разделить на следующие группы:

1. Методы распределения автобусов по маршрутам [6, 7].
2. Методы организации группового движения подвижного состава на маршрутах [8, 9].
3. Методы координации движения автобусов путем изменения маршрутов и их количества. Эти методы описаны в работах В.М. Курганова [10, 11], И.Н. Пугачёва [12, 13] и других ученых [14].
4. Методы координации работы автобусов на линии путем корректировки расписаний [15, 16].

5. Подходы с учетом влияния различных дополнительных факторов.

Например, в работе М.Е. Корягина [17] исследовано влияние стоимости проезда на время ожидания пассажира. Автором установлено, что большинство пассажиров не обращают внимания на этот фактор в условиях, когда стоимость проезда одинакова на всех видах транспорта, и осуществляют поездки на первом пришедшем к остановочному пункту транспорте.

Первая группа методов распределения автобусов по маршрутам не учитывает: показатели качества обслуживания пассажиров, влияние случайных факторов, особенности пассажиропотоков, регулярность движения на маршруте в целом и на совместных участках частности.

Вторая группа методов не учитывает влияние регулярности движения на совместных участках на качество обслуживания пассажиров на остановочных пунктах общих участков.

Третья группа методов связана с сокращением маршрутов [12], добавлением новых маршрутов [10], либо изменением существующих [12, 14].

Четвертая группа методов оперирует изменением интервалов выпуска автобусов с конечных пунктов с целью координации их движения на общих участках разных маршрутов. Методы [15, 16] разработаны для городских перевозок с учетом большого числа автобусов на линии.

Улучшенная регулярность движения позволяет снизить количество автобусов, снизить среднее время ожидания пассажира, и убедиться, что вместимость транспортного средства используется эффективно. Повторяющиеся проблемы, такие как пробки на дорогах, могут быть решены с помощью планирования. Единовременные проблемы, такие как поломки транспортных средств и дорожно-транспортные происшествия добавляют дополнительный уровень сложности для управления системой в режиме реального времени. Для планирования обслуживания важно, чтобы ненадежное обслуживание напрямую не влияло на время ожидания пассажиров [14].

Bowman и Turnquist [18] обнаружили, что время ожидания на остановках намного более чувствительно к расписанию, чем частота обслуживания. Увеличение времени ожидания приводит к увеличению транспортных расходов, которые в конечном итоге влияют на выбор режима решения. Надежность транзитных услуг является важной мерой обслуживания и напрямую влияет как на пассажирский спрос, так и на уровень обслуживания.

В исследовании [19] было разработано несколько скоординированных моделей составления расписаний для авиакомпаний. Для построения моделей был использован метод сетевого потока. Модели сформулированы как задачи с множеством потоков в товарных сетях, которые могут быть решены с помощью решателя математического программирования.

Итак, одни методы организации работы автобусов на маршрутах рассматривают маршрут как отдельную существующую систему, на работу которого не влияют другие маршруты. Другие методы, учитывая влияние этого фактора, в первую очередь уделяют внимание не проблемам качества обслуживания пассажиров, а проблемам организации дорожного движения. То есть они предназначены для решения проблем, связанных с перегруженной улично-дорожной се-

тью и призваны в первую очередь разгрузить остановочные пункты совместимых участков от большого количества единиц подвижного состава. Большое количество методов разработаны и применимы только в условиях города. При этом вопросы координации движения автобусов на маршрутах, соединяющих крупный и мелкие населенные пункты, остаются без должного внимания. Попытка систематизировать методы и подходы совершенствования организации перевозок пассажиров в областном сообщении представлена в работе [20]. Настоящая статья является продолжением данного исследования.

Описание проблемы

Основные особенности областных перевозок, формирующие проблему: отсутствие транспорта в большие промежутки времени (нет рейсов), одновременное отправление нескольких автобусов по разным маршрутам с большими совместными участками, дублирование маршрутов дальнего следования с короткими маршрутами, долгое ожидание при пересадке с одного маршрута на другой, малый интервал между прибытием и отправлением двух разных автобусов.

Все эти особенности ведут к тому, что часть автобусов не заполнена полностью, пассажиры отказываются от проезда из-за невозможности пересесть с одного автобуса на другой либо из-за большого времени ожидания ближайшего рейса. Таким образом, необходимо разработать метод, позволяющий согласовать прибытие и отправление автобусов на остановочных пунктах.

Основаниями для корректировки расписаний с точки зрения пассажира могут быть:

1. Долгое ожидание при пересадке с одного маршрута на другой.
2. Малый интервал между прибытием и отправлением.

Например, пассажиру необходимо добраться из пункта А в пункт С. Прямого маршрута, связывающего эти пункты, нет, либо маршрут есть, но графика движения автобуса в требуемое для пассажира время нет. Тогда пассажир может добраться до пункта С с пересадкой в пункте В (рисунок 1), выполнив поездку по участку маршрута, проходящего по участку 1, затем 2.

Рис. 1. Схема движения автобусов через пересадочный пункт

Участки 1 и 2 могут связывать промежуточные или конечные пункты маршрутов. Пункты А, В, С для одних маршрутов могут быть начальными (конечными), для других (транзитных) – промежуточными.

Если пассажир не успевает пересесть на другой автобус, то ему придется ждать следующий, который может прийти через большой промежуток времени. Для того чтобы сократить время ожидания в пересадочном пункте, необходимо согласовать расписания маршрутов.

Методика согласования маршрутов

Для согласования движения автобусов при перевозке пассажиров между крупными и мелкими населенными пунктами разработана методика (рис. 2.)

С помощью данной методики можно произвести согласование расписаний движения автобусов. Рассмотрим ее применение на примере Саргатского района Омской области.

Рис. 2. Схема методики согласования расписаний движения автобусов

- 1) Анализ перевозок пассажиров по направлениям без прямого автобусного сообщения.

На первом этапе необходимо проанализировать перевозку пассажиров по всем направлениям и определить те корреспонденции, по которым отсутствуют прямые автобусные сообщения с областными и районными центрами, в том числе по отдельным дням недели и времени дня. Для этого отобразим их на карте (рис. 3).

Рис. 3. Схемы движения автобусов Саргатского района без транзитных маршрутов

На рисунке 3 видно, что схемы движения образуют «дерево». Это происходит из-за большого числа дублирующих маршрутов и имеющих общий пункт – поселок Саргатское. Всего через данный пункт проходит от 22 до 26 маршрутов ежедневно. В результате данного анализа было выявлено, что прямое автобусное сообщение Омск-Беспалово, Омск-Казыры отсутствует.

Поэтому перемещение пассажиров между этими пунктами возможно только через остановочно-пересадочный пункт Саргатское.

Выбор остановочно-пересадочного пункта и маршрутов для согласования.

Наибольшее разветвление происходит от поселка Саргатское, поэтому согласование проводится по остановке Саргатское.

2) Составление сводного маршрутного расписания по выбранному пункту.

В таблицу вносится информация о маршрутах: дни работы, время отправления с начального пункта (НП) и прибытия на конечный пункт (КП), время пребывания в промежуточном пункте.

Таблица 1

Сводное расписание маршрутов Саргатского района

Маршрут	Дни работы	Прямое направление				Обратное направление			
		НП	Саргатское	КП	НП	Саргатское	КП	НП	Саргатское
		отпр.	приб.	отпр.	приб.	отпр.	приб.	отпр.	приб.
1 Саргатское – Тамбовка	ср.			15:20	17:00	17:10	18:50		
5 Саргатское – Плоское	пт.			15:30	16:50	17:00	18:20		
103 Саргатское – Казырлы	вт.			15:00	16:10	16:20	17:30		
	сб.			12:30	13:40	13:50	15:00		
104 Саргатское – Михайловка	ср.			12:40	13:35	13:40	14:35		
1068 Омск – Большеречье	Все	9:10	11:05	11:15	13:00	16:50	18:25	18:35	20:40
1090 Омск – Чапаево – Кабурлы	Все	13:20	15:20	15:40	18:50	6:40	9:50	10:10	12:10
1098 Омск – Павловка	вт., пт., сб.	7:15	9:10	9:30	11:55	15:40	18:00	18:05	19:50
1099 Омск – Плоское	Все	9:30	11:50	12:05	13:45	13:50	15:30	15:40	18:00
1106 Омск – Тара	Все	10:30	12:20	12:30	16:00	23:20	2:50	3:00	4:50
1116 Омск – Знаменское	Все	8:30	10:10	10:20	14:50	15:30	19:40	19:50	21:50
1222 Большеречье – Омск	Все	6:00	7:50	8:00	10:00	12:00	14:00	14:10	16:00

3) Составление графиков движения автобусов по выбранным маршрутам.

Составление расписаний в графическом виде позволяет увидеть проблемные зоны в расписаниях (рис. 4-5). Проблемные зоны – это временные участки, соответствующие длительному времени ожидания пассажиров на остановочно-пересадочном пункте в ожидании ближайшего рейса в пункт назначения, а также участки с нулевым или близким к нему временем ожидания, когда пассажиры не успевают пересесть из одного автобуса в другой на остановочно-пересадочном пункте. Например, имеется нулевое ожидание при пересадке с автобуса, следующего по маршруту 1090, на автобус, следующий по маршруту 1.

4) Определение времени ожидания посадки пассажирами.

Ожидание определяется как разность между ближайшим временем прибытия автобуса одного маршрута на остановочно-пересадочный пункт и отправления автобуса другого маршрута от данного остановочно-пересадочного пункта и наоборот в обратном направлении. Среди полученных значений для каждого маршрута высчитывается среднее значение времени ожидания (формула 1).

$$t_{ож} = t_{отпр\ i} - t_{приб\ j} \quad (1)$$

где $t_{отпр\ i}$ – время отправления автобуса i -го маршрута от остановочно-пересадочного пункта; $t_{приб\ j}$ – время прибытия автобуса j -го маршрута от остановочно-пересадочного пункта.

Рассчитаем среднее значение времени ожидания пассажира на пересадочном пункте, следующего из Омска в Казырлы. Прямого маршрута нет. Поэтому требуется пересадка в пункте Саргатское. Время отправления автобуса, следующего по маршруту 103 от остановочно-пересадочного пункта Саргатское в пункт Казырлы – 15:00. Ближайший маршрут из Омска № 1222, следующий через пересадочный пункт Саргатское имеет время прибытия в Саргатское – 14:00. Разница во времени отправления и прибытия между маршрутами 103 и 1222 составляет 60 минут. При движении в направлении от пункта Казырлы в Омск время ожидания пассажира на остановочно-пересадочном пункте Саргатское составляет 35 минут. Среднее время ожидания пассажира равно 47,5 минут.

5) Определение возможности корректировки и способа согласования расписаний.

К способам согласования относятся: изменение времени стоянки, сдвиг времени отправления с начального пункта. В рассматриваемом примере применены оба способа согласования.

6) Корректировка расписаний маршрутов с учетом выбранного способа.

На рисунках 4-5 изменение времени стоянки произведено для маршрута 104, сдвиг времени отправления – для маршрута 103.

После корректировки среднее время ожидания пассажира в пересадочном пункте Саргатское по маршруту 103 во вторник составило 7,5 мин.

7) Оценка скорректированных расписаний.

Оценка производится на основе сравнения среднего времени ожидания пассажира до и после изменений.

Снижение среднего времени ожидания по маршруту 103 в четверг составило 40 мин, что на 43% меньше существующего варианта.

Результаты

Применение разработанной методики на примере маршрутов Саргатского района Омской области показало следующие результаты. Графики движения автобусов до и после изменений приведены на рис. 4-5.

б)

Рис. 4. Графики движения во вторник до (а) и после (б)

а)

б)

Рис. 5. Графики движения в среду до (а) и после (б)

На рисунках 4-5 линия абсцисс (103 км) соответствует пересадочному пункту Саргатское, 0 – конечному пункту Омск.

Среднее время ожидания до и после изменений представлено в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчетов времени ожидания пассажиров (минут)

Маршрут	1 ср	5 пт	103 вт	103 сб	104 ср	Среднее время ожидания
До изменений	1:10	0:12	0:47	0:25	0:42	0:39
После изменений	0:07	0:12	0:07	0:25	0:27	0:15

В результате применения разработанной методики удалось сократить среднее время ожидания пассажира на остановочно-пересадочном пункте на 60%.

Обсуждение

На рисунке 5 проиллюстрирована ситуация, когда время прибытия автобуса по маршруту 1090 в остановочно-пересадочный пункт Саргатское и время отправления автобуса по маршруту 1 из пункта Саргатское в пункт Тамбовка совпадают (15:20). В этом случае у пассажиров нет времени на пересадку. Таким образом они вынуждены пользоваться более ранним рейсом при передвижении из Омска до Саргатского. Для тех пассажиров, которые едут из пункта Тамбовка в Омск с пересадкой на остановочно-пересадочном пункте Саргатское вынуждены ждать ближайшего автобуса до Омска 1 час после приезда в пункт Саргатское. Разработанная методика предусматривает графическое представление расписания (рис. 4-5), что позволяет выявить подобные ситуации и скорректировать график маршрута, чтобы время ожидания пассажиров в пересадочном пункте было приемлемым.

Заключение

Применение разработанной методики позволяет организовать приемлемое распределение прибытия и отправления автобусов в течении суток по критерию минимального времени ожидания пассажиров на остановочно-пересадочном пункте.

Разработанная методика позволяет решить проблему несогласованности движения автобусов. Экспериментальная проверка показала, что применение данной методики способствует сокращению времени ожидания пассажиров в пересадочных пунктах до 60%, что также сокращает время сетевой поездки.

Литература

1. Гудков В.А., Миrotин Л.Б. Технология, организация и управление пассажирскими автоперевозками. М.: Транспорт, 1997. 254 с.
2. Гудков В.А., Дулина Н.В., Овчар Н.А., Бочкарева М.М. Качество транспортного обслуживания населения. Как измерить и за счет чего повысить? // Грузовое и пассажирское автохозяйство. 2007. №8. С. 39-41.
3. Кулев А.В. Оптимизация маршрутов пассажирского транспорта в городе: автореферат дисс. канд. техн. наук: 05.22.10. Орёл: Госуниверситет. УНПК, 2015. 20 с.

4. *Аземия С.А., Старовойтов А.Н., Скирковский С.В.* Оптимизация интервалов движения транспортных средств при городских перевозках пассажиров в регулярном направлении // Вестник Белорусского государственного университета: Наука и транспорт. 2013. №1 (27). С. 1-7.
5. *Акифьева И.А.* Теория и практика применения хабовых маршрутов при организации перевозок пассажиров автомобильным транспортом // Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (СибАДИ). 2018. С. 185-188.
6. *Антошвили М.Е., Варелопуло Г.А., Хрущев М.В.* Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ. М.: Транспорт. 1974. 104 с.
7. *Антошвили М.Е., Либерман С.Ю., Спиринов И.В.* Оптимизация городских автобусных перевозок. М.: Транспорт. 1985. 102 с.
8. *Спиринов И.В.* Перевозки пассажиров городским пассажирским транспортом. М.: ИКЦ «Академкнига». 2004. 407 с.
9. Методика расчета количества контрольных пунктов на маршруте. Методика выбора и обеспечения условий увязки расписаний движения автобусов. М.: Минавтотранс РСФСР. 1987. 7 с.
10. *Курганов В.М.* Управление автомобильными перевозками на основе ситуационного подхода: автореферат дисс. докт. техн. наук: 05.22.08. М.: МАДИ. 2004. 33 с.
11. *Курганов В.М.* Логистика. Управление автомобильными перевозками. Практический опыт. М.: Книжный мир. 2007. 448 с.
12. *Пугачёв И. Н.* Организация и безопасность движения. Хабаровск: ХГТУ. 2004. 232 с.
13. *Пугачев И.Н.* Теоретические принципы и методы повышения эффективности функционирования транспортных систем городов: автореферат дисс. докт. техн. наук: 05.22.01. Екатеринбург: УрГУПС. 2010. 39 с.
14. *Thomas J.K., James G.S., Kenneth D.* Time point-level analysis of passenger demand and transit service reliability // Center for Urban Studies Publications and Reports. № 7 (2000). 42 p.
15. *Минатуллаев Ш.М., Арсланов М.А., Филиппов А.А.* Математическая модель перевозок пассажиров автомобильным транспортом в условиях значительного изменения пассажиропотоков // Вестник СибАДИ. 2018. № 3 (61). С. 362-371.
16. *Виноградов М.С., Волошин С.А.* Методика погодження розкладів руху автобусів двох незалежних маршрутів. // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. 2009. № 2(9). С. 71-80.
17. *Корягин М.Е.* Оптимизация управления городскими пассажирскими перевозками на основе конфликтно-устойчивых решений: автореферат дисс. докт. техн. наук: 05.13.10. Новокузнецк: СибГИУ. 2011. 39 с.
18. *Bowman L.A., Turnquist M.A.* Service frequency, schedule reliability and passenger wait times at transit stops // Transportation Research. 1981. 15A, pp. 465-471.
19. *Shangyao Yan, Chia-Hung Chen.* Coordinated scheduling models for allied airlines // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. Vol. 15. №4 (August 2007), pp. 246-264.
20. *Акифьева И.А., Войтенков С.С.* Методы совершенствования организации пассажирских перевозок в городе и области // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Омск: СибАДИ. 2019. С. 153-157.

COORDINATION OF BUS ROUTE SCHEDULES IN REGIONAL PASSENGER TRANSPORT

Irina A. Akifieva, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "The Siberian State Automobile and Highway University",
Omsk, Russia, arbatmtdfbhf@mail.ru

Sergey S. Voytenkov, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "The Siberian State Automobile and Highway University",
Omsk, Russia, voiser@mail.ru

Abstract

In modern conditions of the Russian Federation in the field of traffic management, one of the priorities is to develop and improve the quality of functioning of route transport. One of the main requirements of passengers is the minimum time spent on the trip. It is problematic to meet this requirement without mutual coordination of transport processes along routes and the use of stopping points by vehicles and passengers due to their interdependence. The problem of such coordination is not only in cities, but also in regional settlements. The subject of this study is the coordination of passenger transport processes on regional bus routes that have common sections and stop-and-transfer points. The purpose of the study is to improve the organization of passenger transportation in regional directions by coordinating routes in time. In this study, we developed a method for coordinating bus schedules for regional routes that share common sections of the route or stop-and-transfer points. According to the results of applying the method for the Sargatsky district of the Omsk region, the results were obtained, according to which the average waiting time for a passenger in the case of a transfer was reduced by 60 %. Application of the developed method allows to organize rational distribution of arrival and departure of buses during the day according to the criterion of the minimum waiting time for passengers at the stop and transfer point and allows to solve the problem of inconsistency of bus traffic. Experimental testing has shown that the use of this technique reduces the waiting time for passengers at transfer points by up to 60%, which also reduces the time of network travel. The developed method can be used in the organization of intercity, intermunicipal and rural passenger transport.

Keywords: stop and transfer point, schedules, bus routes, passenger travel time, passenger waiting time.

References

1. Gudkov, V.A. and Mirotn, L.B. (1997), *Tehnologija, organizacija i upravljenje passazhirskimi avtoperevozkami* [Technology, organization and management of passenger transportation], Transport, Moscow, Russia.
2. Gudkov, V.A., Dulina, N.V., Ovchar, N.A. and Bochkareva M.M. (2007), "The quality of public transport services. How to measure and how to increase?", *Gruzovoe i passazhirskoe avtohozajstvo*, no. 8, pp. 39-41.
3. Kulev, A.V. (2015), "Optimization of passenger transport routes in the city", Abstract of Cand. tech. Sciences dissertation, Operation of road transport, Oryol State University, Orel, Russia.
4. Azemsha, S.A., Starovojtov, A.N. and Skirkovskij, S.V. (2013) "Optimization of vehicle intervals during urban passenger transport in the regular direction", *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta: Nauka i transport*, no. 1 (27), pp. 1-7.
5. Akifeva, I.A. (2018), "Theory and practice of the use of hub routes in the organization of passenger transport by road", *Sbornik nauchnyh trudov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchjonyh (SibADI)* [Collection of scientific papers of the II International Scientific and Practical Conference of students, graduate students and young scientists (SibADI)], II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchjonyh (SibADI) [II International Scientific and Practical Conference of students, graduate students and young scientists (SibADI)], Omsk, Russia, 8-9 February 2018, pp. 185-188.
6. Antoshvili, M.E., Varelopulo, G.A. and Hrushhev, M.V. (1974) *Organizacija gorodskih avtobusnyh perevozk s primeneniem matematicheskikh metodov i jeVM* [Organization of urban bus transport using mathematical methods and computers], Transport, Moscow, Russia.
7. Antoshvili, M.E., Liberman, S.Ju. and Spirin, I.V. (1985), *Optimizacija gorodskih avtobusnyh perevozk* [Optimization of city bus traffic], Transport, Moscow, Russia.
8. Spirin, I.V. (2004), *Perevozki passazhirov gorodskim passazhirskim transportom* [Passenger transportation by urban passenger transport], Akademkniga, Moscow, Russia.
9. Methodology for calculating the number of checkpoints on the route. Methods of selecting and ensuring conditions for linking bus timetables (1987), *Minavtotrans of the RSFSR*, Moscow, Russia.
10. Kurganov, V.M. (2004), "Road transport management based on a situational approach", Abstract of D. Sc. dissertation, The management of transportation processes, MADI, Moscow, Russia.
11. Kurganov, V.M. (2007), *Logistika. Upravlenie avtomobil'nymi perevozkami. Prakticheskij opyt* [Logistics. Road transportation management. Practical experience]. Book world, Moscow, Russia.
12. Pugachjov, I. N. (2004), *Organizacija i bezopasnost' dvizhenija* [Organization and traffic safety], KSTU, Khabarovsk, Russia.
13. Pugachev, I.N. (2010), "Theoretical principles and methods for improving the functioning of urban transport systems", Abstract of D. Sc. dissertation, Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport, UrGUPS, Ekaterinburg, Russia.
14. Thomas, J.K., James, G.S. and Kenneth, D. (2000), "Time point-level analysis of passenger demand and transit service reliability", *Center for Urban Studies Publications and Reports*, no. 7. 42 p.
15. Minatullaev, Sh.M., Arslanov, M.A. and Filippov, A.A. (2018), "Mathematical model of passenger transportation by road in conditions of significant changes in passenger flows", *Vestnik SibADI*, no. 3 (61), pp. 362-371.
16. Vinogradov, M.S. and Voloshin, S.A. (2009), "The methodology of weather distribution of bus routes to two independent routes", *Visti Avtomobil'no-dorozhn'ogo institutu*, no. 2 (9), pp. 71-80.
17. Korjagin, M.E. (2011), "Optimization of urban passenger traffic management on the basis of conflict-resistant solutions", Abstract of D. Sc. dissertation, Governance in social and economic systems, SibGIU, Novokuznetsk, Russia.
18. Bowman, L.A. and Turnquist, M.A. (1981), "Service frequency, schedule reliability and passenger wait times at transit stops", *Transportation Research*, vol. 15A. pp. 465-471.
19. Shangyao, Yan and Chia-Hung, Chen. (2007), "Coordinated scheduling models for allied airlines", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 15. no. 4, pp. 246-264.
20. Akifeva, I.A. and Voytenkov, S.S. (2019), "Methods of improving the organization of passenger traffic in the city and region", *Sbornik materialov III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [The collection of materials of the III International scientific and practical conference], *Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj kompleksy: problemy, perspektivy, innovacii* [Architectural, construction and road transport complexes: problems, prospects, innovations], Omsk, Russia, 29-30 November 2019, pp. 153-157.

Information about authors:

Irina A. Akifeva, undergraduate of the "Organization of transport and transport management" department, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

Sergey S. Voytenkov, PhD., assistant professor of the "Organization of transport and transport management" department, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia